



Vlaanderen  
is landbouw & visserij

# KLIMAATVERANDERING IN DE POLDERS

## Kiezen voor zoet of zilt?

Rapport 2016

DEPARTEMENT  
LANDBOUW & VISSERIJ

[WWW.VLAANDEREN.BE/LANDBOUW](http://WWW.VLAANDEREN.BE/LANDBOUW)



# KLIMAATVERANDERING IN DE POLDERS

## Kiezen voor zoet of zilt?



Auteurs: Ewout Zwaenepoel, Sylvie Danckaert, Dirk Van Gijsegem

Onderzoek uitgevoerd in opdracht van: Ruimte Vlaanderen



# Colofon

## Samenstelling

Departement Landbouw en Visserij

Afdeling Monitoring en Studie

Verantwoordelijk uitgever

Jules Van Liefferinge, secretaris-generaal

Depotnummer

D/2016/3241/279

Lay-out

Vlaamse overheid

Voor meer informatie over het rapport kunt u contact opnemen met de auteur(s) van het rapport. Ons e-mailadres is als volgt samengesteld: [VOORNAAM.NAAM@LV.VLAANDEREN.BE](mailto:VOORNAAM.NAAM@LV.VLAANDEREN.BE).

U vindt onze rapporten terug op:

[WWW.VLAANDEREN.BE/LANDBOUW/STUDIES](http://WWW.VLAANDEREN.BE/LANDBOUW/STUDIES)

Vermenigvuldiging en/of overname van gegevens zijn toegestaan mits de bron expliciet vermeld wordt:

Zwaenepoel E., Danckaert S. & Van Gijseghe D. (2016) *Klimaatverandering in de polders. Kiezen voor zoet of zilt?*, Departement Landbouw en Visserij, Brussel.

Graag vernemen we het als u naar dit rapport verwijst in een publicatie. Als u een exemplaar ervan opstuurt, nemen we het op in onze bibliotheek.

Wij doen ons best om alle informatie, webpagina's en downloadbare documenten voor iedereen maximaal toegankelijk te maken. Indien u echter toch problemen ondervindt om bepaalde gegevens te raadplegen, willen wij u hierbij graag helpen. U kunt steeds contact met ons opnemen.

////////////////////////////////////

Deze publicatie werd door het Departement Landbouw en Visserij met de meeste zorg en nauwkeurigheid opgesteld. Er wordt evenwel geen enkele garantie gegeven omtrent de juistheid of de volledigheid van de informatie in deze publicatie. De gebruiker van deze publicatie ziet af van elke klacht tegen het Departement Landbouw en Visserij of zijn ambtenaren, van welke aard ook, met betrekking tot het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

In geen geval zal het Departement Landbouw en Visserij of zijn ambtenaren aansprakelijk gesteld kunnen worden voor eventuele nadelige gevolgen die voortvloeien uit het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

////////////////////////////////////

# INHOUD

<b>1</b>	<b>Inleiding: klimaat en verzilting .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Klimaatverandering in Vlaanderen.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Verzilting en landbouw.....</b>	<b>10</b>
3.1	Oorzaken van verzilting	10
3.1.1	Interne oorzaken van verzilting	10
3.1.2	Verzilting door stijging van de zeespiegel	10
3.2	Gevolgen van verzilting	11
<b>4</b>	<b>Oplossingen.....</b>	<b>13</b>
4.1	Tegengaan van verzilting (verzoeting)	13
4.1.1	Vergroten van het zoetwateraanbod	13
4.1.2	Zout doorspoelen met zoet water	14
4.1.3	Telen met zilt-zoetgradiënten in ruimte en tijd	14
4.2	Aanpassingen aan een toenemende verzilting	14
4.2.1	Bestaande en verbeterde ziltresistentie bij de gangbare teelten	15
4.2.2	Teeltaanpassingen	17
4.2.3	Nieuwe zilte teelten	19
4.2.4	Dierlijke productie op zilte gronden (excl. viskweek)	20
4.2.5	Schelpdieren en visserij	21
4.2.6	'Zeelandbouwsystemen' voor zilt en zout	22
<b>5</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen .....</b>	<b>24</b>
	<b>Tabellen.....</b>	<b>25</b>
	<b>Bronnen .....</b>	<b>25</b>

////////////////////////////////////

# 1 INLEIDING: KLIMAAT EN VERZILTING

Op middellange termijn kan de klimaatverandering in Vlaanderen een wijziging van de hydrologie in de polders veroorzaken. In de winter zullen we te maken hebben met nattere polders en in de zomer met verdroging én meer hevige zomerbuien. Tegelijk kan de stijging van de zeespiegel leiden tot verzilting van het oppervlakte- en grondwater door toenemende verdroging in de zomer.

Het doel van dit rapport is om na te gaan welke onderzoeksinitiatieven al bestaan of lopen over de impact van verzilting op de landbouw. Leemten in de kennis halen we kort aan. Aan de hand van dit (voor)onderzoek kan diepgaander onderzoek uitgeschreven worden met het oog op middellangetermijnvoorstellen op het vlak van landbouw, hydrologie en ecologie.

Het Witboek Beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV) zal als opvolger van het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen een kader creëren voor een toekomstige klimaatbestendigheid van de kust. Twee doelstellingen zijn de kustveiligheid te garanderen en waarborgen te creëren boor het achterland en het waterbeheer. Het plan wil een sterke groenblauwe dooradering in het ruimtebeslag realiseren die onder meer moet zorgen voor een verhoging van de waterberging. Het omgaan met getijdenwerking biedt volgens het Witboek unieke kansen voor nieuwe vormen van voedselproductie en natuur en landschapsontwikkeling. Het veranderend evenwicht tussen zoet en zout water kan volgens het Witboek ook ruimtelijke ingrepen vragen om aangepaste en nieuwe vormen van voedselproductie mogelijk te maken.

//

## 2 KLIMAATVERANDERING IN VLAANDEREN

Het MIRA-klimaatrapport 2015 van de VMM buigt zich over de vraag in welke mate de klimaatverandering nu al zichtbaar is in Vlaanderen en België en wat de verwachtingen zijn voor de toekomst. 'Klimaatadaptatie en kwalitatieve en kwantitatieve richtlijnen voor de ruimtelijke inrichting van gebieden' (Couderé, 2015) brengt de gevoeligheden van de gevolgen van klimaatverandering in kaart. Daarbij kijken de auteurs naar de gevoeligheid voor (klimatologische) veranderingen van het grondwater, naar de droogtegevoeligheid van de bodem, naar de gevoeligheid voor overstroming bij zeespiegelstijging en bij overstroming vanuit waterlopen.

De lopende studie 'Ecosysteemvisie en -diensten voor de Vlaamse kust' (ANB) zal inzicht verschaffen in de ecologische wenselijkheid van het 'Masterplan Vlaamse Baaien'. Terwijl het laatste rapport uitgaat van een statische kustlijn die wordt versterkt, bekijkt het Ccasparrapport (Allaert et al., 2012) de effecten van klimaatverandering op de ruimtelijke ontwikkeling in Vlaanderen vanuit een meer ruimtelijk-dynamisch planningsperspectief. In 'Concepten voor een brede kust' haalt Ccaspas de ruimtelijke uitdaging aan van nieuwe vormen van ruimtegebruik.

De VMM laat in haar MIRA-toekomstverkenning (2014) zien hoe we de ruimtelijke organisatie kunnen aanpassen om Vlaanderen weerbaar te maken voor belangrijke langdurige veranderingsprocessen. De verziltingskaart "update deel Belgisch kustgebied" (2010) brengt de verziltingstoestand van de middenkust (van Zeebrugge tot Nieuwpoort) opnieuw in kaart, met als doel om de gevolgen van de klimaatverandering in de kustgebieden te kunnen onderzoeken.

In Nederland is er al veel inspirerend onderzoek verricht over bestaande en toekomstige gevolgen van klimaatwijziging in al haar maatschappelijke facetten: wonen, drinkwatervoorziening en gevolgen van droogte op waterkwaliteit, voedselvoorziening, eventuele nieuwe ziektes. Daarbij wordt ook de impact op de regionale situaties van diverse bekende of nog onvoldoende bekende toekomstscenario's onderzocht. Het publieke debat is er volop aan de gang.

### Wat heeft de klimaatverandering voor Vlaanderen in petto?

We maken in dit kaderstuk een onderscheid tussen de al waargenomen klimaatverandering en de toekomstige klimaatverandering. In diverse klimaatscenario's worden voorspellingen gedaan voor het jaar 2100 of de klimatologische periode 2070-2100. Naast klimaatprojecties tot eind deze eeuw kunnen ook klimaattransities verregaande gevolgen hebben voor Vlaanderen. Dat komt omdat bepaalde elementen in het klimaatstelsel, zogenaamde tipping elementen, disproportioneel sterk reageren op een verstoring. Zo kan een bepaalde wijziging in het klimaat een kettingreactie teweegbrengen en abrupte klimaattransities veroorzaken (VMM, 01 jan.2015). Die transities zijn echter niet altijd bekend.

#### *Klimaatrends gedetecteerd in België tot in 2014*

De potentiële evapotranspiratie, de som van evaporatie en van transpiratie door planten, ligt inmiddels een kwart hoger dan eind jaren zeventig. Het aantal dagen met meetbare neerslag nam toe (enkel in de winter, met een toename van het aantal en de grootte van de winterbuien (IMTC NV, 2010), maar het sneeuwde minder frequent. Het aantal dagen met zware neerslag is sinds begin jaren 50 gestegen van 3 naar 6 dagen per jaar. De maximaal gemeten neerslag in een aaneensluitende periode van 5, 10 of 15 dagen binnen een jaar liep op (Brouwers et al., 2015).

////////////////////////////////////

Er is een toename gemeten van het aantal tropische dagen (maximumtemperatuur van 30 °C of hoger) in een jaar, met 1 dag extra per 17 jaar. Sinds de jaren 70 houdt een stijging van de hittegolven aan van 1 op de 3 jaar toen, naar 1 ieder jaar nu. Ook de duur van de hittegolven is toegenomen.

Het jaargemiddeld zeeniveau steeg. Zo ligt in Oostende de langetermijntrend in 2013 11,5 cm hoger dan begin jaren 50. De gemiddelde zeespiegelstijging bedraagt 0,20 cm per jaar of 20 cm over 100 jaar (Willems, 2014). Verdere extrapolatie van het gemiddelde zeeniveau tot 2100 geeft een stijging tussen +20 cm tot +200 cm (VMM, 01 januari 2015 naar Ozer et al., 2008; Van den Eynde et al., 2009). De golfhoogte en de windsnelheid aan de kust vertonen geen duidelijke trend. De temperatuur van het zeewater stijgt in een tempo van 0,034 °C/j aan de Belgische zijde van de Noordzee. Het stormopzet (de waterstandsverhoging op zee door storm) vertoont geen stijgende trend. De zeeniveaustijging doet de kans op overstromingen toenemen, zowel aan de kust als langs de getijdenrivieren (VMM, 2014d).

### **Toekomstige klimaatverandering**

De mondiale watercyclus zal reageren op de opwarming van de aarde en de veranderingen in neerslag zullen niet uniform zijn over de aarde en ook verschillen per regio. In het algemeen kan gesteld worden, dat het contrast tussen droge en natte regio's en tussen de seizoenen verder zal versterken (VMM 01 januari 2015 naar IPCC, 2013). Om die veranderingen voor Vlaanderen in de toekomst te projecteren werden – door de nog grote onzekerheid in de klimaatmodellering – diverse klimaatscenario's gebaseerd op een ruime set aan klimaatmodelresultaten. Voor meer details over de opmaak van klimaatscenario's om regiotrends te bepalen, verwijzen we naar VMM (2015 a). De trend is nu al ingezet en zou in de toekomst onomkeerbaar kunnen worden (Hermy, 2015). Hieronder geven we verwachte trends voor Vlaanderen en de kustregio weer.

Alle Vlaamse klimaatscenario's wijzen eenduidig op een stijging van de omgevingstemperatuur met 1,5 °C à 4,4 °C voor de winter en met 2,4 °C à 7,2 °C voor de zomer (VMM, 2015b). Er wordt een sterke toename in de temperatuur tegen het einde van deze eeuw waargenomen.

Aan de kust is in het huidige klimaat de gemiddelde temperatuur in de zomer lager dan meer landinwaarts. In de winter is het omgekeerde het geval. Het verschil tussen de minimumtemperatuur en de maximumtemperatuur op een dag is aan de kust geringer dan meer landinwaarts. Die ruimtelijke patronen zullen in de toekomst blijven bestaan (VMM, 2015b). In het Climar-project gaat men uit van stijgingen van de zeewatertemperatuur tussen 2°C en 3,5 °C in 2100 (IMDC NV, 2010).

Zoals voor de gemiddelde maandtemperatuur wordt een duidelijke stijging in de extremere temperaturen waargenomen. Er wordt een drastische daling in het aantal vorstdagen verwacht. In de zomer worden heel wat meer erg warme dagen verwacht tegen het eind van de 21e eeuw dan in de periode 1961-1990 (VMM, 2015 b). Door de klimaatverandering zullen de hevige zomeronweders extremer worden en zich vaker voordoen. Wat betreft de extreme regenbuien in de winter wordt zelfs nu al statistisch vastgesteld dat er zich een toename manifesteert van het aantal en de grootte van de winterbuien. Aan de kust is als gevolg van de overheersende zuidwestenwind het aantal tropische dagen, zomerse dagen en het aantal warme dagen kleiner dan meer in het binnenland. Hetzelfde geldt voor het aantal vorstdagen en ijsdagen. Ijsdagen, waarop het de hele dag vriest, treden vooral op bij noorden- tot oostenwinden, waardoor het land-zee-effect minder duidelijk is. Deze ruimtelijke patronen zullen in de toekomst blijven bestaan (Vlaams adaptatieplan naar Demarée et al., 2009).

Voor een uitvoerige beschrijving van de stand van zaken over hydrologie verwijzen we naar het MIRA-S rapport "klimaatverandering en water" en het achtergrondrapport met dezelfde naam opgesteld als onderdeel van de Milieuverkenning 2030 (Van Steertegem et al., 2009 – hoofdstuk 11 p. 283-306 ; Willems et al., 2009, beide beschikbaar via [www.milieuverkenning.be](http://www.milieuverkenning.be)) (IMDC NV, 2010).

De totale neerslaghoeveelheden worden onder invloed van de klimaatverandering waarschijnlijk kleiner. De neerslag neemt toe in de winter (vooral januari) (Vlaams adaptatieplan, 2010). De totale winterneerslag neemt sterker toe aan de kust dan in het zuiden van het land (VMM, 2015c). In de winterperiode zou de klimaatverandering zorgen voor een sterkere vernatting van de kuststrook met een bijkomende neerslagtoename die geschat wordt tussen 10 %, (VMM, 2009) en 60% (Vandenbohede, 2012). In de wintermaanden is het niet zozeer het aantal natte dagen dat de neerslagvolumes doet toenemen, maar vooral de dagneerslagintensiteiten. De meeste klimaatscenario's tonen een daling van de gemiddelde zomerneerslag voor Vlaanderen. In de zomermaanden neemt het aantal natte dagen sterk af en het aantal droge dagen sterk toe (VMM, 2014d). In combinatie met de hogere





verdamping doet dit de laagste rivierdebieten tijdens droge zomers met meer dan 50% dalen tegen het einde van de 21e eeuw. Daardoor stijgen de kansen op ernstig watertekort (Van Steertegem et al., 2009). Zonder adaptatie kan het overstromingsrisico al binnen een paar tientallen jaren met een factor 10 toenemen (VMM, 2015a). Voor problemen zoals overstromingen of droogte zijn de *extreme* situaties (als hevige neerslag of langdurige perioden zonder neerslag) echter van groter belang dan verschuivingen in de gemiddelde neerslag. In Vlaanderen zijn er weinig geografische verschillen in het extreme neerslagklimaat. De voorspellingen voor deze extreme situaties hebben een grotere onzekerheid dan de voorspellingen voor de gemiddelde situaties (IMDC NV, 2010).

Ondanks een daling van de zomerneerslag, valt er in Vlaanderen een toename van het aantal extreme zomerneerslagen te verwachten (VMM (01 januari 2015)). De toename van zowel de gewone zomerneerslag als van extreme zomerse neerslag is aan de kust groter dan in het zuiden van het land (VMM, 2015c). Daardoor stijgen de overstromingskansen voor riuolen. Er is een niet te verwaarlozen kans op het gezamenlijk voorkomen van extreme neerslag in het binnenland (en dus bovenafvoeren langs de Schelde, de IJzer, de wateringen in de polderstreek) en hoog stormopzet (VMM, 01 januari 2015). De resultaten van het doorrekenen van de hydrologische gevolgen van de Belgische klimaatscenario's werden in het rapport van VMM (01 januari 2015) wat de polders betreft nog niet doorgerekend. Maar studies van andere bekkens geven samen aan dat de impact van de klimaatscenario's op de hydrologische extremen (piek- en laagwaterafvoeren) slechts in zeer beperkte mate afhangen van de topografische en bodemeigenschappen van de stroomgebieden (VMM (01 januari 2015)).

Aan de kust is de actuele jaarlijkse potentiële verdamping hoger dan meer landinwaarts (Demarée et al., 2009). De potentiële evapotranspiratie neemt bij alle scenario's zowel 's winters als 's zomers toe. In februari zou de stijging in verdamping kunnen oplopen tot 37%, in augustus zelfs tot 73%. Een uitgebreidere weergave van beschikbare scenario's vindt men in Ntegeka et al., 2008 (VMM, 2015b). Er duiken problemen op met o.m. irrigatiewater door een lage waterbeschikbaarheid in de zomer en door hogere zoutgehalten (Van Steertegem et al., 2009).

De aanvulling van het grondwater en het niveau van de watertafel zal in vele stroomgebieden in Europa sterk dalen tegen het einde van de eeuw, vooral in Zuid-Europa, maar ook in bepaalde streken van Centraal-Europa waaronder België (VMM, 2015a). Door de zeespiegelstijging verhoogt de zoutbelasting naar het ondiepe grondwater en het oppervlaktewater langs de kust (veranderingen in de zoet-zoutwaterverdeling). De zoetwaterlens in de duinengordel speelt echter een belangrijke bufferende rol bij de intrusie van zout zeewater in het hinterland (Van den Eynde et al., 2011). Voor een uitvoerige beschrijving van klimaatverandering en waterhuishouding met ontwikkelingen in de economische sectoren, en de gevolgen daarvan voor de milieudruk en de milieukwaliteit met focus op de gevolgen van de milieukwaliteit en het landgebruik voor de biodiversiteit, verwijzen we verder naar hoofdstuk .11 op [www.natuurverkenning.be](http://www.natuurverkenning.be).

Voor een beschrijving van toekomstige ecologische ontwikkelingen verwijzen we naar het NARA-S-rapport "Klimaat" opgesteld als onderdeel van de Natuurverkenning 2030 (Dumortier et al., 2009 – hoofdstuk 2 en hoofdstuk 6, beschikbaar via [www.natuurverkenning.be](http://www.natuurverkenning.be)). Het gedeelte 'milieuverkenning 2030' bevat naast een sociaal-economisch luik (hoofdstuk 2) ook een landbouwkundig luik (hoofdstuk 5).

In Vlaanderen is er het op het vlak van de relatie tussen klimaatverandering en Ruimtelijke Ordening, Woonbeleid en Onroerend Erfgoed (nu Ruimte Vlaanderen) het wetenschappelijk onderzoek Ccaspar ('climate change and changes in spatial structures in Flanders'). Er zal ook een ESPON-project opgestart worden. De focus van dat project zal de rol zijn van ruimtelijke ordening op het regionale niveau in het vinden van antwoorden op uitdagingen op Europees niveau, bijvoorbeeld als gevolg van klimaatverandering (VMM, 2015b).





## 3 VERZILTING EN LANDBOUW

### 3.1 OORZAKEN VAN VERZILTING

#### 3.1.1 Interne oorzaken van verzilting

In Vlaanderen zijn de kaarten van De Breuck (De Breuck W., De Moor G., Maréchal R. & Tavernier R., 1974, zie [dov.vlaanderen.be](http://dov.vlaanderen.be)) de referentiekaarten die voor het kustgebied de diepte weergeven van het grensvlak tussen zoet en zout grondwater. De diepte is voor wat de polders betreft gemeten tegenover het maaiveld.

Een onderliggende geologie zorgt op de meeste plaatsen in de polders voor een ingewikkeld verziltingspatroon. Plaatsen waar het grensvlak ondiep ligt, vallen meestal samen met poelgronden. Zoetwaterlenzen zijn typerend voor de duinen en voor plaatsen waar zich vroeger getijdengeulen bevonden. De reliëfvormen van duin- en kreekgebieden bestaan immers over het algemeen uit goed doorlatende afzettingen waardoor hemelwater gemakkelijk infiltrert en zoetwaterlenzen tot ontwikkeling kunnen komen. De vorming van een zoetwaterlens gaat relatief snel. In 200 tot 250 jaar kunnen grote lenzen zich gevormd hebben (Vandenbohede, 2012).

Het kwetsbare evenwicht tussen zoet en zout grondwater kan echter grondig verstoord worden door menselijke activiteiten, zoals de mate van aanvulling of onttrekking van zoet oppervlaktewater, bouwkundige ingrepen.. Slechts op plaatsen waar nu geen netwerk van drainages aanwezig is, kan er nog meer zoet water in de bodem infiltreren, wat leidt tot het ontstaan van zoetwaterlenzen.

De inpoldering van het grootste deel van ons kustgebied was voltooid in de 12de eeuw. Daarna traden slechts kleine veranderingen op. Dat betekent dat de hydraulische omstandigheden, zoals het drainagepatroon en de waterpeilen, niet ingrijpend zijn veranderd in de laatste eeuwen. De huidige zoet-zoutwaterverdeling heeft daardoor een evenwicht bereikt. Uit het recente nazicht van de verziltingskaart blijkt dat de verschillen met de 35 jaar oudere kaart klein zijn. Het globale beeld van de zoet-zoutverdeling is dus momenteel vrij stabiel en goed bekend (Vandenbohede, 2012).

Voor Vlaanderen zijn geen indicaties gevonden dat externe verzilting momenteel ergens al oorzaak van verzilting vormt. Verwacht wordt dat de zoutvrachten ook hier wel toenemen. Maar de visie verschilt enigszins per auteur of stijging van de zeespiegel daarin een prominentere rol zal spelen of verzilting door optrekkend bodemzout. Vandenbohede (2012) schrijft externe verzilting een belangrijkere rol toe , zeker op iets langere termijn. Op plaatsen aan de Vlaamse kust waar de duinenrij smaller is dan aan de westkust, zou de zoetwaterlens als buffer onvoldoende aanwezig zijn om de druk vanuit zee te weerstaan. Andere bronnen, zoals het Waterforum, schatten het effect van de zeespiegelstijging op de toename van de zoute kwel dan zelfs voor het lager gelegen Nederland eerder gering in.

#### 3.1.2 Verzilting door stijging van de zeespiegel

De verzilting in de polders kan in de toekomst ook beïnvloed worden door rijzing van de zeespiegel als gevolg van de klimaatverandering (zie eerste kaderstuk). Daardoor komt het grondwater hoger te staan in de duinen en in het aangrenzende poldergebied en er komt verder ook een stroming van zout water vanuit zee naar de polders onder de zoetwaterlens op gang. Dat zorgt voor een opwaartse stroom van zout water in de polders. De kwel zal dus toenemen, net als het zoutgehalte van dit kwelwater en het ondiepe grondwater. Toenemende kwel zal zorgen dat meer grondwater weggedraineerd 'moet' worden via de grachten. Die zijn in hun huidige aanleg niet voorzien op de hogere grondwaterstand, die (landinwaarts) duwt van onder de duinen en vanuit het aangrenzende poldergebied. De stijging van het grondwater in de polders wordt bij zeespiegelrijzing echter beperkt door het huidige

////////////////////////////////////

drainagesysteem (Vandenbohede, 2012), dat vooral bij droogte een aanzuigeffect van zout van onderaf zou hebben en ook te weinig bergingsruimte voor van bovenaf aangevoerd zoet water zou bieden.

Een ander effect van zeespiegelrijzing is dat de zoetwaterlens in de duinen kleiner zal worden. De zoetwatervoorraden die er aanwezig zijn, nemen af in de tijd om op lange termijn te verdwijnen. Het effect op verzilting naar het achterland door zout water dat onder de zoetwaterlens doorstroomt, is het grootst aan de middenkust, omdat de duinen daar het smalst zijn (+/- 200 meter ). Duinen aan de westkust zijn 2 km breed, waardoor de impact van een zeespiegelstijging op de zoet-zoutverdeling over 50 jaar daar zeer klein is. De brede duingordel zorgt er voor een belangrijke zoetwaterlens die zich uitstrekt tot op de zeer slecht doorlatende Ieperse klei. Daardoor duurt het langer voordat deze lens afneemt in omvang door zeespiegelstijging en er zout water onder de lens naar het achterland kan stromen. Toch is het niet uitgesloten dat ook aan de westkust veranderingen zullen optreden in de zoet-zoutwaterverdeling, bijvoorbeeld bij een veel snellere zeespiegelstijging dan tot nu wordt aangenomen of wanneer we de klimaateffecten op een veel langere termijn bekijken. Vandenbohede (2012) stelt daarom dat er niet alleen rekening moet worden gehouden met de toename van de waterstanden op zich, maar ook met het gegeven dat hier meer water zal moeten weggedraineerd worden.

## 3.2 GEVOLGEN VAN VERZILTING

Zoetwaterlenzen in de duinen kunnen het indringen van zout zeewater tegengaan, maar tegelijk vormen ze de grootste zoetwaterreserves in het kustgebied. Daarom worden ze ook gebruikt voor de productie van drinkwater. De zeespiegelstijging zal zowel bij een brede als bij een smalle duingordel de mogelijkheid tot waterwinning beperken, omdat het zoete water nodig is als buffer tegen het zoute zeewater. Er zijn dus toekomstgerichte waterwinningsmethodes nodig (Vandenbohede, 2012).

Bij de diverse bronnen is er intern verziltingsgevaar dat voortvloeit uit een dreigend onevenwicht in de waterbalans tussen zoet oppervlaktewater en zout grondwater in combinatie met veel meer verdamping. Daarnaast kunnen wellen in de polders gecreëerd worden door vergraving in de deklaag (bijvoorbeeld door het ondeskundig verdiepen van poelen of sloten tot in de onderliggende veenlaag). Daardoor komt zout vrij in het oppervlaktewater van sloten. Door het verwachte toekomstige gebrek aan zoet water kan in dergelijke gevallen verzilting dreigen (De Vries, 2011).

Vanuit de beschikbare waterbronnen bekeken kunnen dus zowel grondwater als oppervlaktewater zouten bevatten die directe of indirecte problemen veroorzaken bij gewassen en bij het drenken van vee. Grondwater kan een belangrijke bron zijn in gebieden waar lokale kwel voorkomt. Daarnaast kan er diffuse kwel van zout water zijn op een landbouwperceel onder zeeniveau (In Vlaanderen liggen slechts weinige gebieden onder zeeniveau: de Moeren tegen Adinkerke en sommige delen van de Meetkerkse moeren). Deze diffuse bron geeft in het algemeen minder zoutproblemen omdat water met zout via drainage wordt afgevoerd (Stowa, 2016). Bij een ongewijzigde ligging van drainbuizen kan de zoutconcentratie in de bodem echter ook toenemen omdat het zout onder de buizen aangetrokken wordt tijdens droge periodes door de hogerliggende drains. Dat kan op termijn een invloed hebben op de opbrengst van de traditionele gewassen in bepaalde gebieden.

Het watersysteem staat door de toenemende verzilting en de verminderde beschikbaarheid van zoet water onder druk van conflicterende belangen.

Als geopteerd wordt voor minder verzilting moet bodem- en grondwaterverzilting actief worden geweerd. Daarvoor is een betere infiltratie van zoet water nodig die in staat is om de zoute grondwatertafel laag te houden (zoet water zet zich boven zout water). Om dat te realiseren zou zoet water op grotere oppervlakten en meer langdurig vastgehouden moeten kunnen worden zodat het effectiever in de bodem kan infiltreren. Maar de klimaatwijziging stelt ons voor een paradox: huidige en toekomstige tendensen laten zien dat Vlaanderen in de zomer steeds meer te kampen zal krijgen met periodes van hevige neerslag én tegelijk met extreme droogtes (VMM, 2015c). En tijdens de winter wordt

////////////////////////////////////

een stijging van de neerslag verwacht met een waarde tussen de 0 mm en 160 mm (VMM, 2015b). De uitdaging zal er bij deze optie in bestaan om een vrij periodiek overaanbod aan water gericht te kunnen inzetten om toenemende verzilting én perioden van extreme droogte op te kunnen vangen.

Er zijn echter aanwijzingen dat bepaalde vollegrondsteelten beter tegen zout kunnen dan de normen suggereren. Voorbeelden van gangbare gewassen die in aanmerking komen voor zoutwaterlandbouw zijn aardappelen, gerst, tarwe en suikerbieten (Stowa, 2015/ De Kempenaer et al., 2007) of grassen (Platform Groene Grondstoffen, 2006). In het regionale waterbeheer wordt de vraag naar water met een zo laag mogelijk zoutgehalte ingegeven door de kans dat brak beregeningswater schade veroorzaakt in de landbouw. Waterbeheerders proberen nu nog bij alle omstandigheden onder de ‘afgesproken’ zoutdrempels te blijven en de gebruikers zijn tevreden met deze geboden voorziening. Incidentele overschrijdingen van het zoutgehalte worden geaccepteerd. De vraag is echter: is dat bij toekomstige, toenemende zoetwaterschaarste vol te houden? En wat is groter: de huidige droogteschade of de door beregening veroorzaakte zoutschade (Stowa, 2015)?

**Belangrijke kennisleemtes op het gebied van landbouw onder invloed van zoute kwel** (behalve anders vermeld: Stowa, 2016)

- Op dit moment ontbreekt het aan een overzicht met de effectiviteit van de verschillende maatregelen voor zoute kwel. Belangrijke aspecten hierin zijn ook hoe het opgeschaald kan worden, voor welk gebied het effectief is en hoe vaak het ingezet kan worden. In hoeverre is hydrologische en economische opschaling van zelfvoorzienende zoetwaterpilotstudies mogelijk? In hoeverre zijn maatregelen die zoute kwel tegengaan en die worden uitgevoerd in beperkt lokale pilotstudies op te schalen naar maatregelen met regionale impact? Heterogeniteit in termen van zoet-zoutverdeling, intensiteit van zoute kwel en geologische variabiliteit van de ondergrond beperken de mate van opschaling van maatregelen.
- Wat is de invloed van onzekerheden in hydrologische, geologische, meteorologische en agronomische fysische processen op de mate van zoute kwel? Zo is er onzekerheid hoe de gewijzigde klimatologische parameters zich zullen vertalen in grondwatervoeding (Vandenbohede, 2012).
- In welke mate kan zoute kwel en verdergaande verzilting worden geaccepteerd (voor de diverse cultuurvariëteiten)?
- In hoeverre kan de ecologie omgaan met grotere variaties in zoutconcentraties van/ in het oppervlaktewater?
- Welke maatregelen op maat zijn waar efficiënt om de invloed van zoute kwel/de verdergaande verzilting af te remmen of te minimaliseren?
- Wat zijn de gevolgen van zoute kwel voor de bodemopbouw/kwaliteit (geochemische processen, effect op hydraulische eigenschappen topsysteem/bodem)?
- Hoe gebeurt de teelt van de (nog niet onderzochte ) potentiële zilte gewassen op verzilte grond en wat is het effect van het telen op zilte grond op de inhoudsstoffen?





## 4 OPLOSSINGEN

### 4.1 TEGENGAAN VAN VERZILTING (VERZOETING)

Volgens Acacia Water kan het tegengaan van verzilting én droogte elkaar niet alleen aanvullen, maar elkaar ook versterken, waarbij een gezamenlijke aanpak leidt tot robuuste en kosteneffectieve maatregelen (drainagesystemen die zoet water besparen, meer en anders water stockeren, efficiënter beregenen en/ of irrigeren, aanvullende teelten, enz.).

In Nederland is een breed debat over meer zilt of zoet aan de gang. Om zich een beeld te kunnen vormen over de invloed van waterhuishoudkundige veranderingen in een gebied op de aanwezige natuur en landbouw, bijvoorbeeld als gevolg van nieuwe peilbesluiten of klimaatverandering, worden de effecten van veranderend waterbeheer in Nederland in beeld gebracht en gekwantificeerd. Een groot aantal partijen werkt hard aan verbetering, dan wel vernieuwing, van de methodieken die hiervoor worden ingezet.

Bij het streven naar het tegengaan van de effecten van verzilting ligt de focus enerzijds op een aanpassing van de gangbare gewassen (gerichte selectie op meer zilttolerantie) en anderzijds op het beter vasthouden van zoet water.

Het terugdringen van verzilting kan er in sommige gevallen toe leiden dat het aanleggen van een grotere zoetwatervoorraad ook effectief de teeltlaag vernat. Een dergelijke vernatting kan mogelijk nieuwe teelten naar voren brengen. Miscanthus (olifantsgras) is een gewas voor toepassingen als strooiselmateriaal in ligboxen, biobrandstof en grondstof voor bouwplaten. Riet, dat zich als teelt makkelijk leent om er nog andere blauwe en/of groene diensten aan te koppelen, kan in een rietvergasser een hoog energetisch rendement halen (Rijksoverheid.nl, 2015). Eendenkroos, dat gedijt op eutroof water, kan op termijn een eiwitvervanger worden (Van der Meer, 2016).

Ook aanpassingen aan de manier van telen zijn mogelijk. Zo kan anders draineren meer zijn dan de buizen wat dieper leggen om meer zoet water op te houden. Een andere uitvoering van drainage kan het systeem ook zoet helpen houden door opstijgend zilt water af te vangen. Als er bijkomend gebruik wordt gemaakt van een ander type drainage (peilgestuurde drainage) wordt dit diepere draineren ook een element van een ander landbouwsysteem.

Het programma Proeftuin Zoet Water (Provincie Zeeland) zet in op twee (onderzoeks)sporen: (1) op de vergroting van het wateraanbod en (2) op het verminderen van de watervraag.

#### 4.1.1 Vergroten van het zoetwateraanbod

Vlaanderen ligt tussen Noord-Frankrijk, waar de klimaatverandering de evolutie naar verdroging versterkt, en Nederland, waar men eerder een toename van het aantal overstromingen verwacht. Waterbeheerders in Vlaanderen moeten bij het opvangen van de gevolgen van de klimaatverandering (adaptatie) daarom zoeken naar ingrepen die vlot bij te sturen zijn en onder verschillende omstandigheden nuttig zijn. Zowel om het overstromingsrisico te beperken als om watertekorten te voorkomen en op te vangen (Van Steertegem et al., 2009).

Om het wateraanbod te vergroten wordt onderzocht hoe zoet water op diverse wijzen in de ondergrond kan opgeslagen worden, bv. door injecteren in kreekruigen en diep injecteren in bodems met zilt water. Opslag kan ook in het oppervlaktewater plaatsvinden als het water niet te zout is. Een derde manier om het aanbod te vergroten is door water dat (net) te veel zout bevat op technische wijze te ontzilten (Klap, 2016. , Van Oosten, 2000). Deltaproof lijst een aantal maatregelen op die de zoetwatervoorziening kunnen verhogen en besteedt daarbij tevens aandacht aan alternatieve vormen

//

van peilbeheer. Verder is het mogelijk de toediening te optimaliseren, bijvoorbeeld door druppelirrigatie of effectieve verneveling toe te passen. En er zijn meer sporen denkbaar, zoals het variëren van teelten met verschillende watervragen in de tijd, waardoor de piekvraag wordt gedempt of het toevoegen van organisch materiaal aan de bodem waardoor de vochtcapaciteit ervan toeneemt (Klap, 2016).

Voor landbouwers is het belangrijk om te weten hoe in hun percelen de verdeling tussen zoet en zout water is. Met deze kennis kunnen ze nagaan of een investering in waterconservering kansrijk is (Klap, 2016). Omdat de toekomstige uitbreiding van het Zwin-gebied een potentiële impact heeft op het zoet-zoutwaterevenwicht in de polder, werd met het oog op toekomstige veranderingen in opdracht van de VMM een zogenaamde nulmeting doorgevoerd voor een deel van de Vlaamse kustpolders. Daartoe werd voornoemd evenwicht gekarteerd (Envirosoil, 2014). Het project Scaldwin (Lebbe et al., 2011) analyseerde de grensoverschrijdende verzilting van het grondwater in datzelfde gebied dat zich uitstrekt over de provincies Oost-Vlaanderen, (een deel van) West-Vlaanderen en Zeeland. Scaldwin ontwierp daarbij een concept dat de verplaatsing van niet-stationair zoet, brak en zout grondwater kan modelleren (softwarecode MOCSENS3D).

#### **4.1.2 Zout doorspoelen met zoet water**

Al doet het probleem van een te grote noodzaak aan doorspoelwater zich nu in Vlaanderen nog niet voor – in tegenstelling met polders onder de zeespiegel in Nederland - bij een keuze voor verzoeting bij stijgende zeespiegel kan in de kustpolders steeds meer zoet spoelwater nodig zijn om de gevolgen van zoute kwel weg te spoelen. Dat kan oplopen tot 90% van het beschikbare zoete water (Slabbinck, 2011). Spoelen zal door verdroging bemoeilijkt worden.

#### **4.1.3 Telen met zilt-zoetgradiënten in ruimte en tijd**

Kiezen voor zoet of zilt kan ook gebeuren in gradiënten zonder dat de landbouwsector daar schade van hoeft te ondervinden (Näring, 2007), bv. zoet op kreekruigen, zilt op poelgronden boven oppervlakteveen en gradiënten in de mate van zout ter hoogte van de randen. Per situatie zullen de gevolgen echter verschillen en zullen ze beter onderzocht moeten worden met het oog op te nemen inrichtingsmaatregelen (bv. ter voorkoming van zilte kwel) (Näring, 2009). Om de gevolgen op het vlak van verzoeting of verzilting door wijzigingen in het lokaal beheer van een watersysteem snel in te kunnen schatten, ontwikkelde Alterra voor bepaalde Nederlandse gebieden rekeninstrumenten onder de naam €ureyeopener (van Boekel, 2013). Voor zover bekend, werden deze instrumenten voor de Vlaamse kustregio nog niet ontwikkeld.

Evenzeer kan een strategie worden gehanteerd waarbij de gradiënt zich in de tijd voordoet. Daarbij wordt het landgebruik aangepast aan de trends en seizoensvariaties in het zoutgehalte van het bodemvocht.

## **4.2 AANPASSINGEN AAN EEN TOENEMENDE VERZILTING**

Een eerste stap bij aanpassing aan toenemende verzilting is de vraagstelling hoe men zich op het niveau van een landbouwbedrijf het best kan organiseren. In het kader van een brakwaterlandbouwproject in Texel werkte de Zilte Kenniskring (ZKK) daarvoor drie verschillende bedrijfstypen uit, waarin verzilting een rol speelt. De ZKK is een Nederlands ketenbreed initiatief voor alle ondernemers in Nederland die met zilte groenten werken.

Een eerste zilt bedrijfstype betreft het 'gemengd zilt bedrijf' dat afhankelijk is van zeewater of een afgeleide daarvan en waarbij een reeks van dierlijke en plantaardige productiecomponenten zodanig op elkaar worden afgestemd dat de nutriëntenkringloop wordt gesloten (een 'slimme combinatie'). Een voorbeeld van een dergelijk bedrijf is het Zeeuwse Tong Proefbedrijf. In deze eerste categorie is gekozen voor een agrarisch productiesysteem met zout water als uitgangspunt. In dit voorbeeld worden

////////////////////////////////////

plantaardige en dierlijke teelten in combinatie met elkaar uitgetest op basis van een minimale eiwitbalans, zoals de combinatie van zilte planten, schelpdieren, vegetarisch gevoederde vissen, zeewier en algen.

Een tweede zilt bedrijfstype betreft het 'klimaatbestendig akkerbouwbedrijf' dat in principe een duurzaam bedrijf is dat gebruik maakt van het aanwezige water per seizoen, maar dat door de verzilting kan produceren onder dergelijke omstandigheden. Omdat het een proefopzet betreft, is er geen verwijzing naar bestaande bedrijven, maar dit type bedrijf maakt gebruik van bestaande gewassen (dus gewassen die het goed doen met zoet water) met als aanvulling nieuwe gewassen. In dit geval betreft het de gewassen die de VU Amsterdam in het project 'Brakwaterlandbouw Texel' bestudeert. In deze tweede categorie is gekozen voor 'water' als uitgangspunt.

Een derde zilt bedrijfstype betreft de 'klimaatbestendige, multifunctionele boerderij', waarbij verschillende maatschappelijke functies worden gecombineerd tot een duurzaam bedrijf. In deze derde categorie is gekozen voor behoeftes vanuit de samenleving als uitgangspunt. Dat kunnen diverse functies zijn, zoals de zorgboerderij of de energieboerderij. Het proefproject 'Balans' weegt activiteiten af die naast elkaar kunnen bestaan maar evenzeer met elkaar zouden kunnen samengaan, als een boerderij in combinatie met een recreatieve woonfunctie of de combinatie van een boerderij met beide voornoemde functies én een culturele functie (De Vos et al., 2010).

Uit proeven van Zilt Perspectief (2015) blijkt dat in het algemeen kan gesteld worden dat de invloed van zilte landbouw op de omgeving verwaarloosbaar is als in de omgeving al verzilt grond- en oppervlaktewater aanwezig is.

#### 4.2.1 Bestaande en verbeterde ziltresistentie bij de gangbare teelten

Met het Zilt Proefbedrijf beschikt Nederland over een praktijkproefcentrum dat onderzoek voert naar de zoutgevoeligheid van bestaande en nieuwe teelten.

Binnen het huidige onderzoek kunnen we enkele grote tendensen ontwaren. Het proefbedrijf onderzoekt welke gangbare teelten een zekere zouttolerantie vertonen (met betrekking tot vereisten van grond- en beregeningswater), hoe de zouttolerantie van de huidige gewassen verbeterd kan worden door selectie of door genetische modificatie (of door gewijzigde teeltmethodes, bemesting en drainage). Ten slotte wordt uitgekeken of er nieuwe teelten in aanmerking komen om hier te kweken. Die zijn dan bij voorkeur tegelijk aangepast aan een warmer klimaat en aan een meer zilte bodem (Katschnig, 2012).

Plant Research International (PRI, onderdeel van Wageningen UR), zoekt naar de effecten van zilte teelt op de inhoudsstoffen van gewassen. Biosafor is een internationaal onderzoeksproject dat door de Europese Commissie wordt ondersteund. Biosafor voert onderzoek naar bioland- en bosbouw op zilte bodems met het oog op de productie van hernieuwbare energie, biomaterialen en voedergewassen (Biosafor, 2016).

##### *Ziltresistente bij de huidige gangbare teelten*

Uit veldproeven blijkt dat de zouttoleranties tussen de verschillende variëteiten van eenzelfde soort aanzienlijk kunnen verschillen. Dat geldt vooral bij de gangbare gewassen zoals aardappelen (Blom-Zandstra et al., 2014) en wintertarwe (Levy et al., 2013; De Vos, 2014). Evenzeer is variatie in zoutgevoeligheid bekend tussen de diverse rassen bij kool, wortel, gerst, ui (Zilt Proefbedrijf, 2015) en spelt (De Vos et al., 2010).

Het project Zilt Perspectief verricht onderzoek en verschaft advies voor gangbare en nieuwe zilte teelten. Zilt Perspectief verfijnt de bestaande zouttolerantietabellen. De meest recente onderzoeksresultaten tonen voor alle onderzochte teelten minstens een gelijke zouttolerantie en in vele gevallen een grotere zouttolerantie dan werd aangenomen in vroegere tabellen. In tabel 3 wordt een

////////////////////////////////////

opsomming gemaakt van gangbare teelten die bij toenemende verzilting mogelijk zijn. In tabel 4 worden potentiële teelten opgesomd met een grotere zouttolerantie.

De afweging van zoutschade versus droogteschade is in de praktijk lastig: zoutgevoeligheid is veelal een combinatie van hittestress en zoutstress, wat in overeenstemming is met buitenlandse literatuur (Bustan et al., 2004). Daarom zullen maatregelen die zoutschade willen voorkomen, wel vaker gepaard moeten met maatregelen die schade door opwarming van het klimaat helpen te voorkomen.

De meeste akkerbouwgewassen hebben een hogere zouttolerantie dan kasteelten of fruitteelt. Ook graslanden zijn weinig gevoelig voor hogere zoutgehalten. Uit onderzoek blijkt dat een tijdelijke verhoging van de zoutgehalten in het oppervlaktewater weinig kwaad kan omdat het zout nauwelijks de bodem indringt. Wel neemt de geschiktheid van het water af voor het besproeien van gewassen. (Van de Ven et al. 2011). Beregening is voor de meeste gewassen de belangrijkste bron van zoutschade. Druppels met zout op de bladeren kunnen indrogen en als lensjes fungeren, waardoor het blad verbrandt. Bij beregenen is het daarom van belang om een geschikte waterbron te kiezen (Stowa, 2016). Uit proeven van Zilt Proefbedrijf blijkt verder dat sommige zouttolerante landbouwgewassen in de fase van kieming wel over meer zoet water moeten kunnen beschikken.

### *Verbeterde selecties van gangbare teelten*

De variatie in zouttolerantie tussen diverse rassen van eenzelfde gewassoort bij gangbare teelten biedt ruimte voor verdere selectie (Van de Ven et al., 2011).

Op korte termijn lijkt de ontwikkeling van zouttolerante variëteiten van de conventionele grondgebonden teelten van groter belang dan de teelt van zogenaamde halofyten (Stowa, 2016 naar Stuyt et al., 2014) zoals die aangehaald worden onder punt 4.2.3. Een halofyt is een plant die kan groeien in een bodem met een hoog zoutgehalte. Onderzoek en selectie op zouttolerantie is nog maar recent gestart (Zilt Proefbedrijf, 2015). Na weinige jaren van proeven kan wel al gesteld worden dat bij vele van de gangbare gewassen potentieel aanwezig is om zich via selectie aan te passen aan een ziltere bodem.

Tabel 3: Zoutgevoeligheid van gangbare land- en tuinbouwgewassen

<b>GANGBARE TEELTEN</b>		
Gewassoort	Zoutgevoeligheid	Bron
boomgaarden	matig gevoelig	Stowa
glastuinbouw	extreem gevoelig	Stowa
bloembollen	gevoelig tot matig gevoelig	Stowa
boomkwekerijen	zeer gevoelig	Stowa
fruitkwekerijen	gevoelig	Stowa
maïs	matig gevoelig	Stowa
kool (diverse soorten)	tolerant (verschil tussen rassen waargenomen)	Zilt Proefbedrijf
wortel	tolerant (verschil tussen rassen waargenomen)	Zilt Proefbedrijf
aardappel	tolerant (verschil tussen rassen waargenomen)	Zilt Proefbedrijf
aardbei	tolerant	Zilt Proefbedrijf
luzerne	matig tolerant tot tolerant	Zilt Proefbedrijf
honingklaver	tolerant	Zilt Proefbedrijf
selderij	tolerant	Zilt Proefbedrijf
witloof	tolerant	Zilt Proefbedrijf
gerst	tolerant (verschil tussen rassen waargenomen)	Zilt Proefbedrijf
ui	matig tolerant (verschil tussen rassen waargenomen)	Zilt Proefbedrijf

////////////////////////////////////

radijs	tolerant	Zilt Proefbedrijf
sla	tolerant	Zilt Proefbedrijf
wilde rucola	tolerant	Zilt Proefbedrijf
koolzaad	tolerant	Zilt Proefbedrijf
suikerbiet	tolerant	Zilt Proefbedrijf
spinazie	gevoelig	Zilt Proefbedrijf
groene asperge	tolerant	de Vos A. et al. (2010)
venkel	tolerant	waterwereld.nu
schorrenkruid	tolerant	waterwereld.nu
lepelblad	tolerant	waterwereld.nu
fenegriek	tolerant	waterwereld.nu
koriander	tolerant	waterwereld.nu
zoethout	tolerant	waterwereld.nu
anijs	tolerant	waterwereld.nu
snijbiet	tolerant	waterwereld.nu
rode biet	tolerant	waterwereld.nu
voederbiet	tolerant	waterwereld.nu
paardenboon	tolerant	waterwereld.nu
Spelt	tolerant (verschil tussen de 50 bekende rassen waargenomen)	de Vos A. et al. (2010) & waterwereld.nu
wintertarwe	tolerant (verschil tussen rassen waargenomen)	deltaproof
haver	tolerant	waterwereld.nu
vias	tolerant	de Vos A. et al. (2010) & InnovatieNetwerk
zwarte mosterd	tolerant	de Vos A. et al. (2010)

#### 4.2.2 Teeltaanpassingen

Hieronder worden enkele aanknopingspunten voor andere landbouwpraktijken vermeld en toegelicht, meer bepaald hoe landbouwers hun bedrijfsvoering binnen hetzelfde (verziltende of al zilte) landbouwsysteem ook anders kunnen organiseren zonder dat daarbij echter wordt overgeschakeld op een ander landbouwsysteem.

##### *Anders draineren*

In de meeste gevallen is de oorzaak van de huidige verzilting de opwaartse beweging van “fossiel zeewater” door de gangbare drainage (Zilt Perspectief,2015). Nieuw verworven inzichten leren dat vooral het slim toepassen van drainage kansrijk is om zoutgevoeligheid te beperken. Nieuwe drainagetabellen kunnen worden opgesteld (in functie van tussenafstand, diepte en diameter van de buizen), opdat die zowel rekening houden met de afvoer van overtollig water als met het weghouden van het zout. Want wanneer de drains (te) dicht op elkaar liggen, wordt er geen zoetwaterlens meer gevormd. Dan kunnen de sloten door de toegevoegde grondwaterzouten zilter worden dan het normale gebiedswater: drains zorgen immers voor een opwaartse beweging van zout grondwater. Het zoute water komt daardoor via de drains terecht in de afwaterende sloten rondom zo’n perceel. Als in zo’n geval vanuit deze sloten bevloeid zou worden, kan er verdere verzilting van de wortelzone optreden (Zilt Perspectief, 2015).

In combinatie met peilgestuurde drainage is het mogelijk tijdelijk extra zoet water te bergen in het perceel, waardoor de zelfvoorzienendheid van de landbouwers in zoet water wordt vergroot (Velstra,





2012). In bepaalde gevallen kan de bestaande drainage het best helemaal worden verwijderd om verdere verzilting tegen te gaan.

### *Aangepast bemesten*

In zoute (teelt)systemen heeft irrigatie een andere uitwerking op bemesting dan in niet-zoute systemen. Zoute omstandigheden kunnen de voor de gewassen beschikbare stikstof in het jaar erna duidelijk verminderen. Het is onderzoekers nog niet helemaal duidelijk hoe dit mogelijk is en welk mechanisme daaraan ten grondslag ligt en welke aanpassingen nodig zijn in bepaalde teelten (bv. priming of pillering van het zaad van sommige gewassen met nitraat in bepaalde teelten) (Zilt Perspectief, 2015).

Uit proeven bij zeekool met zoute beregening is een lagere bemesting optimaal dan bij beregening met zoet water. In het vierde jaar is er door hoge mineralisatie zelfs geen effect van bemesting op de opbrengst. Hier zien we echter een significante verhoging van stikstof in de bodem bij zoute beregening en matige bemesting. Nog op te lossen vragen zijn bijgevolg: beïnvloedt beregening met zulke geringe hoeveelheden zoutwater de mineralisatie van organische stof en meststoffen en hoe werkt dit proces? Volstaan lagere bemestingsniveaus bij zilte beregening? Zou dat een duurzaamheidsslag kunnen betekenen (Zilt Perspectief, 2015)?

In het project 'Bemestingsstrategieën voor zilte teelten' probeert het Zilt Proefbedrijf inzicht te verkrijgen in de mogelijke verandering in stikstofmineralisatie onder zilte omstandigheden en de opname van nutriënten door de zilte gewassen bij de verschillende behandelingen. Op basis van deze bevindingen wordt gewerkt aan het verbeteren van de bemestingsstrategie waarmee een zilte teelt met maximaal rendement is te behalen.

Zoute irrigatie veroorzaakt verdere verschuivingen in het bodemleven. Bij drie op de vier proeffaren werd een toename in het bodemleven vastgesteld bij hogere zoutgehalten. Een gevoeligheid van Rhizobiabacteriën voor zoute condities blijkt in tegenstelling tot literatuurmeldingen niet uit de resultaten van veldonderzoek op Texel. De schimmelgemeenschap verandert wel significant en dit zowel onder brakke als onder nog zoutere condities (Zilt Perspectief, 2015). Opvallend bij de schimmels is dat saprofytische schimmels toenemen, terwijl mycorrhizaschimmels en sporen hiervan significant afnemen onder zoutere condities. De meeste gewassen (met uitzondering van koolachtigen) hebben mycorrhizaschimmels nodig als symbiont voor nutriëntopname (bv. voor fosfaatopname). Voortgezette kennisopbouw moet meer inzicht verschaffen over hoe het bodemleven wijzigt onder zoute omstandigheden en of aanpassingen van teeltrotaties nuttig kunnen zijn (bv. vermijden van bepaalde gewassen die afhankelijk zijn van mycorrhizas) (Zilt Perspectief, 2015).

### *Wijzigingen in mechanisatie*

Nieuwe teelten vergen ervaring die opgebouwd moet worden, bv. wat betreft zaai- of plantdichtheid, soort van begeleidende onkruiden en voorkomen van onkruiddruk in zilte omstandigheid. Daarvoor kunnen aangepaste machines nodig zijn of een gewijzigde strategie inzake onkruidbeheersing of ziektebestrijding. Uit voorlopige proefresultaten blijkt dat het mogelijk is om gebruik te maken van zoute(re) condities bij de kieming om zo de aanwezigheid van onkruiden te voorkomen (Zilt Perspectief, 2015). Bepaalde zilttolerante teelten vergen echter zoet water bij de kieming (Zilt Proefbedrijf, 2015), maar dat probleem is technisch oplosbaar door tijdens de zaadkieming met zoet water te beregenen of te werken mei zaailingen. Nieuwe, uitgekiende gewasrotatieschema's kunnen ziektedruk helpen te voorkomen of te milderen (Van Oosten, 2000).

### *Waterbesparing*

Waterbesparing in zilte gebieden, bijvoorbeeld door de aanleg van goed ingepaste zilte moerassen in de waterketen, kan de zoutwaterkringloop helpen sluiten, wat tegelijk bijdraagt aan zoetwaterbesparing (De Lange, 2012).

//

Door te bevloeien met gebiedseigen, zilt water kan voorts ook bespaard worden op zoet water. Omdat uit proeven naar voren komt dat de zilte invloed van irrigatiewater zich niet zijdelings in de bodem verplaatst, hoeft men niet te vrezen voor bevloeiing met dergelijk water omdat daardoor geen schade optreedt voor nevenliggende percelen of teelten (Zilt Proefbedrijf, 2015).

### 4.2.3 Nieuwe zilte teelten

Mede door de klimaatverandering wordt ook in Vlaanderen de teelt van nieuwe gewassen mogelijk. Het ligt echter niet voor de hand dat er op korte termijn belangrijke verschuivingen in het bouwplan ten gunste van die nieuwe gewassen optreden. Alleen in gebieden waar geen andere klimaatadaptatiemaatregelen mogelijk zijn, treedt wellicht een versnelde verschuiving op naar gewassen die beter zijn aangepast aan de nieuwe lokale omstandigheden. De mogelijkheden die nieuwe gewassen bieden, kunnen echter worden gebruikt voor een overgang naar een meer klimaatbestendige landbouw. Gewassen die dan in aanmerking komen zijn meer zoutresistent of minder droogte- en hittegevoelig (Prins, 2011).

Deze teelten vormen vooralsnog slechts een nichemarkt als luxegroente. De verwachting is dat er meer halofyten of zoutplanten geïdentificeerd kunnen worden die in voedselmarkten een plaats kunnen verwerven. In verband met de organisatie van beloftevolle nieuwe teelten met zout water als productiemilieu concludeert de Waddenacademie dat er ruimte is voor de ontwikkeling van nichemarkten van typisch zilte teelten zoals zeekraal. Ze suggereert de ontwikkeling van specifieke vormen van aquacultuur langs de grenzen van land en water of zout en zoet. Volgens het instituut zijn de kansen voor zilte teelten lokaal en internationaal interessant, maar het marktperspectief voor de commerciële teelt van zilte en zouttolerante gewassen is op korte termijn nog beperkt (Waddenacademie, 2015).

Nieuwe zilte teelten dienen zich aan met een veelvoud aan bestemmingen: als nieuwe voedselbron, als nieuwe eiwitbron, in functie van biomassa of als nieuwe groenbemester. Halofyten kunnen bruikbaar zijn als veevoer, in de chemie, als vezelgewas, voor bouwmateriaal, als sier- en energiegewas, in de kustontwikkeling en -bescherming, als katalysator voor ecologisch herstel van kustgebieden, voor regionale klimaatsverbetering en voor CO<sub>2</sub>-opslag (Van Oosten, 2000).

Ook zuiver zeewater kan als productiemedium fungeren. Diverse soorten zeewier zijn erg beloftevol als alternatieve eiwitbron. Omdat de teelt van zeewier zich in zee afspeelt wordt dat aangehaald bij punt 4.2.6. Hetzelfde geldt voor zoutwateralgen. Tabel 4 verschaft een overzicht van potentiële teelten voor zilte of zoute milieus.

Tabel 4: Potentiële teelten voor zilte(re) of zoute milieus

NIEUWE ZILTTOLERANTE TEELTEN		
Gewassoort	Zoutgevoeligheid	Bron
NIEUWE VOEDSEL- en VOEDERTEELTEN		
zeekraal	halofyt	Zilt Proefbedrijf
lamsoor	halofyt	Zilt Proefbedrijf
zeeaster	halofyt	culinaire streektraditie
zeekool	tolerant (geen halofyt)	Zilt Proefbedrijf
zeevenkel	halofyt	publicatie proeftuin Zwaagdijk (NL)
strandbiet	halofyt (groeit zelfs op zeewater)	Zilt Proefbedrijf
zeesla	halofyt	Zilt Proefbedrijf
zeealgen	zoutwateralg	Algaefoodfuel.com en Provincie Friesland
zonnebloem (pitten, olie)	tolerant	Wageningen UR - Klimaatverandering: kansen voor de landbouw

////////////////////////////////////

wilde spinazie	tolerant	waterwereld.nu
monniksbaard	tolerant	de Vos A. et al. (2010)
rode tuinmelde	tolerant	waterwereld.nu
zilte rucola	tolerant	waterwereld.nu
ijskruid	tolerant	waterwereld.nu
oesterblad	tolerant	waterwereld.nu
hertshoornweegbree	tolerant	waterwereld.nu
spurrie (veevoer)	tolerant	De Vlaams Jager (2011)
huttentut (veevoeder)	tolerant	Centrum voor Duurzaamheid en Water
echte zoutmelde	tolerant	de Vos A. et al. (2010)
diverse andere meldesoorten	tolerant	culinaire internetfora
duindoorn (jam)	tolerant (bepaalde ecotypes)	de Vos A. et al. (2010), brusselnieuws.be
duinroos (jam)	tolerant (bepaalde ecotypes)	de Vos A. et al. (2010)
kallar grass (voeder)	tolerant (halofyt)	Australische regering
sorghum (= kafir)	meer droogteresistent dan maïs	ILVO (2012)
<b>NIEUWE EIWIJTBONNEN</b>		
eendenkroos (veevoer)	tolerant	Wageningen UR - Klimaatverandering: kansen voor de landbouw
quinoa	tolerant	van Oosten (2000), EBIC (2014) en voedingwaardetabel.nl
eendenkroos	tolerant	
zeepier (= zager)	uiterst tolerant	Wageningen UR - Klimaatverandering: kansen voor de landbouw
<b>NIEUWE BIOMASSA</b>		
riet	tolerant	Wageningen Universiteit, Innovatienetwerk
<b>NIEUWE GROENBEMESTER</b>		
spurrie	tolerant	kennisakker.nl
eendenkroos	tolerant	Wageningen UR
sorghum	meer droogteresistent dan maïs	ILVO (2012) , Nieuwe Oogst
luzerne	tolerant	Zilt Perspectief (2015)
honingklaver	tolerant	Zilt Perspectief (2015)
<b>OVERIGE LANDTHEELTEN (bio-economie)</b>		
huttentut (bakolie)	tolerant	Wervel & Centrum voor Duurzaamheid en water
lisdodde (farma-industrie)	grote lisdodde is zouttoleranter dan kleine lisdodde	Veenweiden Innovatiecentrum
<b>VISSERIJ</b>		
oester	zoutminnend	Renart Boulon
zeevis (tarbot, zeebaars, enz.)	zoutminnend	Seafarm
zeewier	zoutminnend	Zeewaar
zoutwateralg	zoutminnend	Wageningen UR

#### 4.2.4 Dierlijke productie op zilte gronden (excl. viskweek)

Een aantal halofytensoorten is te benutten als veevoer. Zilte gronden met kweldergras leveren bij schapen een gewaardeerde smaak op. In culinaire kringen staat het vlees bekend als pré-salé. Overigens

////////////////////////////////////

lijkt een dergelijke buitendijkse dierlijke productie, zoals men ze in Frankrijk en Nederland kent, grenzen te kennen omdat de consumptie van bepaalde zouttolerante gewassen de zoetwaterbehoefte bij vee kan doen toenemen. Tevens kunnen bepaalde inhoudsstoffen (saponinen) de groei beperken (Van Oosten, 2000).

De afweging naar mogelijkheden van dierlijke productie zal op zilte gronden steeds tegelijk rekening moeten houden met andere potentiële risico's voor de veehouderij door de klimaatopwarming, zoals hittestress of blauwtong bij runderen. Daar kan zowel technische als institutionele preventie tegenover staan waar – in geval van begeleidend onderzoek, opleiding en gedragsverandering - zich ook kansen aanbieden bij de mogelijke adaptatiemaatregelen.

#### 4.2.5 Schelpdieren en visserij

Oesters worden op diverse wijzen onder water gekweekt in zeewater met voldoende dynamiek (bv. een spuikom). Ook andere schelpdieren kunnen in de getijdenzone onder water worden gekweekt (bv. hangmosselcultuur), waarbij bepaalde soorten zich laten opkweken in lage foliebassins met bijhorende technische infrastructuur (pompen, netten die de bassins beschermen tegen vogels, enz.). De kweek van zagers (strandwormen) gebeurt in buitenbassins van folie en kan in combinatie gebeuren met de kweek van schelpdieren. Er worden netten boven de bassins gespannen die de schelpdieren beschermen tegen predatie door vogels. Onder de naam Renart Boulon worden oesters gekweekt in de Waddenzee, de Oosterschelde, het Veersemeer en het Grevelingenmeer. In Vlaanderen gebeurt commerciële oesterkweek in de spuikom van Oostende.

In Nederland wordt gedacht aan combinaties van schelpdierkweek met natuurgebieden of met industrie en industriële algenkweek via gedeelde locatiekeuzes, zoals in havens (bv. de Eemshaven). Daar zijn algen van nature al in het water aanwezig en is er getijdenwerking, waardoor het water niet met pompen moet worden verplaatst om algen aan te brengen. Als de teelt van schelpdieren moet voorzien in bijkomende algenteelt (bv. omdat het niet via kweek in de getijdenzone gebeurt en het water bijgevolg verplaatst wordt door pompen), levert die vorm van aquacultuur een industrieel landschap op (Waddenacademie, 2015). Schelpdierenteelt kan ook gebeuren in combinatie met de kweek van zagers, een soort worm van zilte bodem, op landbouwbedrijven in de buurt van zilt water. Topsy Baits B.V. is een van de al bestaande professionele kwekerijen van zagers.

Zowel op Texel als in Zeeland zijn er meerdere voorbeelden van de combinatie van dierlijke productie met plantaardige zilte teelten, bijvoorbeeld de gemengde kweek van vis, schelpdieren en zilte groenten. Het afvalwater van de viskweek bevat veel nutriënten. Dat afvalwater kan weer als grondstof dienen voor zilte zuiveringsmoerassen. De nutriënten uit vis- of schelpdierkweek leveren daar samen met zonlicht biomassa zoals wieren, zilte gewassen en riet (zie 'nieuwe teelten'). De planten zuiveren het water en kunnen grondstoffen leveren voor bioplastics, biobrandstof, pigmenten en diervoeders. Hiermee worden kringlopen gesloten op een efficiënte, innovatieve en duurzame wijze en draagt men ook bij aan zoetwaterbesparing (De Lange et al., 2012). Zilte zuiveringsmoerassen kunnen de relatie tussen productiebedrijven en natuur en landschap versterken. De vormgeving van zilte zuiveringsmoerassen hangt af van de ruimte en ambities in de bedrijfsvoering, en is dus maatwerk.

De nabijheid van de zee is eigen aan de ruimtelijke situering van de polders. De ruime beschikbaarheid van zout water maakt er de kweek van zoutwatervis op het land en in het water mogelijk. Experimenten in Zeeland geven aan dat een rendabele en duurzame teelt van bepaalde vissoorten in recirculatiesystemen goed mogelijk is.

Visteelt op land gebeurt op diverse wijzen, bv. in bassins buiten of in loodsen (bv. in voormalige varkensstallen). Vissen kunnen evenzeer in (tomaten)serres worden gekweekt. Maar de visueel-ruimtelijke impact van viskwekerijen op land kan zich evenzeer manifesteren in de vorm van hoogbouw (bv. in het geval van verticale landbouw waarbij viskweek wordt geïntegreerd in het totaalconcept).







windmolenparken, enz.. Zeewierteelt kan slimme combinaties opleveren met o.m. off-shore visteelt (creëren van paaigronden) of oesterkweek (spuikom). Het nieuwe systeem dat de teelt met zich meebrengt, kan tegelijk aansluiting vinden met daaraan gekoppelde activiteiten aan land in de polder, met activiteiten zoals de bevestiging van de jonge wieren aan de draden.



## 5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Dit (voor)rapport gaat aan de hand van een literatuurstudie na waar zich op het vlak van de landbouw voor het gebied van de Vlaamse kustpolders eventuele kansen of bedreigingen aanbieden bij voortschrijdende klimaatopwarming, meer bepaald op het vlak van verzilting.

Externe verzilting doet zich nu in Vlaanderen nog niet voor. Verwacht wordt dat met een stijgende zeespiegel de druk van zout water dat duwt van onder de duinen en opwaarts trekt in de nabije polders op middellange termijn zal toenemen. Zo mogelijk meer acuut is dat er door de combinatie van een stijgende temperatuur en minder zoet water verdroging en verzilting zal optreden. Anderzijds zullen meer hevige regens, vooral in de winter, een vrij tijdelijke piekaanvoer van zoet water veroorzaken. Verwacht wordt dat zowel de aanvoer als de afvoer van zoet water voor toekomstige problemen kan zorgen.

Schade door verzilting en verdroging is nauw verweven met elkaar en kan daarom moeilijk los van elkaar behandeld worden. Een heel belangrijke rol speelt drainage, die moeilijk omkeerbare verzilting kan veroorzaken. Aangepaste drainage of eliminatie van drainage kan leiden tot een vertraagde afvoer van zoet water.

Tegenover de verwachte schadelijke gevolgen bij de gangbare plantaardige teelten en bij de veehouderij, dienen zich mogelijk ook nieuwe kansen aan. De mate waarin die kansen potentie hebben hangt in sterke mate af hoe en wanneer – tijdig of niet – wordt ingespeeld op de klimaatverandering bij gewasselectie en gewaskeuze en waterbeheer.

Zilt en zoet kunnen ruimtelijk naast elkaar voorkomen. Kiezen voor zoet of zilt kan ook gebeuren in gradiënten en behoeft daarom niet altijd een scherpe scheidingsgrens te hebben. Door tegelijk te kiezen voor zoet, zout en voor de gradiënten kunnen bijkomende kansen worden gecreëerd.

Een gezamenlijke visie van natuur- en landschapsorganisaties, polderbesturen, kennisinstituten en landbouworganisaties over de omgang met verzilting is mogelijk en nodig. In Nederland is vooral de laatste jaren al veel onderzoek gebeurd. Er is een publiek debat aan de gang over de invloed van de klimaatwijziging op onder meer verzilting en verdroging. In Vlaanderen behandelen diverse afgewerkte en geplande studies de impact van de klimaatwijziging op de polders, maar er bestaat nog geen publiek debat over.

////////////////////////////////////









Envirosoil & A.G.T. nv (2014) Uitbreiding Zwin prospectie en monitoring Verslag EM31-metingen 22 april 2014.

Gobin et al. (2008) Adaptatiemogelijkheden van de Vlaamse landbouw aan klimaatverandering. Studie uitgevoerd in opdracht van het Departement Landbouw en Visserij, afdeling Monitoring en Studie.

Greenpeace (2004) Impact van de klimaatverandering in België <http://www.elic.ucl.ac.be/users/marbaix/impacts/docs/ImpactsGPvF-MR-NL.pdf>.

Grontmij Nederland B.V. (2010)Klimaat en landbouw Noord-Nederland: adaptatiemaatregelen

Hermly J. (2015) Klimaatverandering en ruimte: inleiding, <http://www.slideshare.net/RuimteVL/klimaatverandering-en-ruimte-inleiding-jozefien-hermy-ruimte-vlaanderen>.

Hogeschool Zeeland (2004) Natuurontwikkeling in combinatie met zilte aquacultures – verkennende ontwerpstudie voor de Braakman- en Hellegatpolder, [http://hz.nl/Documents/Publicaties/2004/eindverslag\\_aquacultuurhellegatbraakman.pdf](http://hz.nl/Documents/Publicaties/2004/eindverslag_aquacultuurhellegatbraakman.pdf)

Hoekstra J.R. & Kool A. & Louws C.A. (2005) De kweek van zagers op landbouwbedrijven in Nederland.

ILVO (2012) Soja en sorghum rendabel, De molenaar nr. 17 14 dec. 2012.

ILVO (2015) Soja telen in Vlaanderen <http://www.ilvo.vlaanderen.be/language/nl-BE/NL/Pers-en-media/Videos/Soja-telen-in-Vlaanderen#.VsXfVK1OXL9>.

IMDC NV & TTE (2010) Bouwstenen om te komen tot een coherent en efficiënt adaptatieplan voor Vlaanderen – Eindrapport, <http://www.lne.be/themas/klimaatverandering/adaptatie/studies-en-onderzoek/eindrapport-bouwstenen-adaptatieplan>.

InfoNu.nl (2016) Lamsoor, lekkere, wilde, zilte groente <http://eten-en-drinken.infonu.nl/diversen/115434-lamsoor-lekkere-wilde-zilte-groente.html>.

IPS, 2014 Klimaat en ozon vormen dodelijke combinatie voor gewassen <http://www.ipsnews.be/artikel/klimaat-en-ozon-vormen-dodelijke-combinatie-voor-gewassen>.

Jongmans A.G. (2013) Landschappen van Nederland – geologie, bodem en landgebruik, Jongmans A.G. Dr. Ing. e.a., Wageningen Academic Publishers, heruitgave, 2013.

Katschnig D. (2012) Programmaboekje zoet-zout tweedaagse op Texel 31 mei en 1 juni 2012 [http://deltaproof.stowa.nl/Upload/Deltaproof/zoet-zout/Programmaboekje\\_zoet\\_zout.pdf](http://deltaproof.stowa.nl/Upload/Deltaproof/zoet-zout/Programmaboekje_zoet_zout.pdf).

Katschnig D. & Broekman R.& Rozema J. (2012 ) Benutting brak en zout water voor teelt landbouw gewassen, VU Amsterdam [http://deltaproof.stowa.nl/Upload/Deltaproof/posters%20zoet-zoutsymposium/poster\\_saline%20agriculture\\_katschnig.pdf](http://deltaproof.stowa.nl/Upload/Deltaproof/posters%20zoet-zoutsymposium/poster_saline%20agriculture_katschnig.pdf).

Kennislink (2014) Zoetwater opslaan in het zout <http://www.kennislink.nl/publicaties/zoetwater-opslaan-in-het-zout>.

Kennislink.nl (2015) Veel bestaande gewassen kunnen wel wat zout hebben, artikel Kennislink.nl 26 februari 2015 <http://www.kennislink.nl/publicaties/veel-bestaande-gewassen-kunnen-wel-wat-zout-hebben>.

Kennislink.nl (2015) Kosten en kansen van klimaatverandering <http://www.kennislink.nl/publicaties/kosten-en-kansen-van-klimaatverandering>.

Kennis voor Klimaat.nl (2016) <http://www.kennisvoorklimaat.nl/zoetwater/HSZD32>.

Kennis voor Klimaat (2016) Invloed van klimaat op waterkwaliteit: welke trends zijn al zichtbaar? (HSOV1b) <http://www.kennisvoorklimaat.nl/zoetwater/HSOV1b>.

////////////////////////////////////



Reyns J. & Verwaest T. & Mostaert F. (2011) Een veilige kust, ook in de toekomst, Waterbouwkundig Laboratorium, Vlaamse Overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken VLIZ, De Groet Rede 2011 [http://www.vliz.be/docs/groterede/GR30\\_VeiligeKust.pdf](http://www.vliz.be/docs/groterede/GR30_VeiligeKust.pdf).

Rijksoverheid.nl. (2015) Green Deal Rietvergasser WKK Gerberakwekerij Zwarts <http://www.vno-ncw.nl/sites/default/files/B95-Green%20Deal%20Rietvergasser%20WKK%20Gerberakwekerij%20Zwarts.pdf>.

RIZA (2005) Droogtestudie Nederland - Aard, ernst en omvang van watertekorten in Nederland, Eindrapport RIZA, HKV, Arcadis, KIWA, Korbee en Hovelynck, Klopstra D., Versteeg R., Kroon T.

Ruimte Vlaanderen (2015) Witboek Beleidsplan Ruimte, werktekst <http://www.beleidsplanruimte.be/>

Seafarm b.v. (2016) <http://www.seafarm.nl/>.

Slabbinck B. (2011) Moet er nog zand zijn – een wetenschappelijke kijk op de kustlijn van morgen.

Spruijt J (2015) Algae as a source of energy: the price is (still) too high. <http://www.wageningenur.nl/en/Expertise-Services/Facilities/AlgaePARC/Show-3/Algae-as-a-source-of-energy-the-price-is-still-too-high.htm>.

Steenwegen B. (2012-2014) Metropolitaan Kustlandschap 2100.

STOWA (2015) Kennis voor Klimaat: Zoetwatervoorziening & Zoetwaterkwaliteit [http://deltaproof.stowa.nl/Projecten/Kennis\\_voor\\_Klimaat\\_\\_Zoetwatervoorziening\\_\\_Zoetwaterkwaliteit\\_\\_Deltaproof\\_.aspx?eId=1223](http://deltaproof.stowa.nl/Projecten/Kennis_voor_Klimaat__Zoetwatervoorziening__Zoetwaterkwaliteit__Deltaproof_.aspx?eId=1223).

STOWA (2013) Projectdossier Verzilting [http://deltaproof.stowa.nl/Projecten/Projectdossier\\_Verzilting.aspx](http://deltaproof.stowa.nl/Projecten/Projectdossier_Verzilting.aspx).

Stowa (2016) Waterwijzer - Wat betekenen wijzigingen in het waterbeheer voor landbouw en natuur? <http://waterwijzer.stowa.nl/>.

STOWA & Rijkswaterstaat (2015) Conferentie Nationaal Kennis- en Innovatieprogramma Water en Klimaat [http://www.stowa.nl/nieuws\\_\\_agenda/nieuws/nkwk\\_\\_nationaal\\_kampioen\\_deltamanagement\\_worden\\_\\_en\\_daarmee\\_de\\_wereld\\_veroveren](http://www.stowa.nl/nieuws__agenda/nieuws/nkwk__nationaal_kampioen_deltamanagement_worden__en_daarmee_de_wereld_veroveren).

STOWA (2016) Verzilting & waterbeheer.

Stowa (2016) Zouttolerante teelten [http://deltaproof.stowa.nl/Publicaties/deltafact/Zouttolerante\\_teelten.aspx](http://deltaproof.stowa.nl/Publicaties/deltafact/Zouttolerante_teelten.aspx).

STOWA & Deltaproof (2015) factsheet Zilte teelten [http://deltaproof.stowa.nl/Publicaties/deltafact/Zouttolerante\\_teelten.aspx](http://deltaproof.stowa.nl/Publicaties/deltafact/Zouttolerante_teelten.aspx).

Stuyt L. et al., €ureyeopener Handelingsruimte Zoetwaterbeheer: kansrijkheid van anders omgaan met zout, Programmaboekje zoet-zout tweedaagse op Texel 31 mei en 1 juni 2012 [http://deltaproof.stowa.nl/Upload/Deltaproof/zoet-zout/Programmaboekje\\_zoet\\_zout.pdf](http://deltaproof.stowa.nl/Upload/Deltaproof/zoet-zout/Programmaboekje_zoet_zout.pdf).

Stuyt L., Kielen N. & Ruijtenberg R. (2015) Is de landbouw echt zo gevoelig voor zout water? <http://www.vakbladh2o.nl/index.php/h2o-online/recente-artikelen/entry/is-de-landbouw-echt-zo-gevoelig-voor-zout-water>.

Tabari H., Taye M.T. & Willems P. (2015) Actualisatie en verfijning klimaatscenario's tot 2100 voor Vlaanderen - Appendix 2: Nieuwe modelprojecties voor Ukkel op basis van globale klimaatmodellen (CMIP5) . Studie uitgevoerd in opdracht van de Afdeling Operationeel Waterbeheer van de Vlaamse Milieumaatschappij en MIRA, MIRA/2015/03, KU Leuven (pdf, 4,5 MB) [http://www.milieुरapport.be/Upload/main/0\\_Klimaatrapport/2015-03\\_MIRA\\_klimaatscenarios\\_Appendix2\\_TW.pdf](http://www.milieुरapport.be/Upload/main/0_Klimaatrapport/2015-03_MIRA_klimaatscenarios_Appendix2_TW.pdf).









Weerman E. (2011) Een zee vol sla, Weerman E. , Community Ecology and Conservation Group, Rijksuniversiteit Groningen, Nature Today <https://www.naturetoday.com/intl/nl/nature-reports/message/?msg=14937>.

Wervel (2008) Eiwitteelten van de toekomst – extra opties om eigen krachtvoeder te winnen <http://www.wervel.be/downloads/eiwittenvandetoekomst.pdf>.

WES (2005) Handleiding voor het opstellen van peilafspraken in kustpolders.

Wolkers H. et al. (2011) Microalgen: het groene goud van de toekomst? Grootschalige duurzame kweek van microalgen voor de productie van bulkgrondstoffen Wageningen UR Food & Biobased Research <http://www.biosolarcells.nl/data/upload/files/microalgen-het-groene-goud-van-de-toekomstnl.pdf>.

Wouters H. (ongedateerd) Bodem- en waterverzilting in Nederland: lessen uit de wereld.

Zeekraalwijzer.nl (2016) <http://www.zeekraalwijzer.nl/de-zilte-kennis-kring/de-zilte-kennis-kring/>.

Zeeuwse tong (2016) Zeeuwse tong aquacultuur <http://www.zeeuwsetong.nl/nl/proefbedrijf/de-kringloop-in-werking>.

Zilt Perspectief (2015) Brochure <http://www.53gradennoord.nl/bladerboek/zilt-perspectief/2015/>.

Zilt Perspectief (2015) <http://www.ziltperspectief.nl/index.php/de-proefvelden>.

Zilt Proefbedrijf B.V.(2015) Bemestingsstrategieën voor Zilte Teelten, Rapportage werkzaamheden 2014 <http://www.zeekraalwijzer.nl/wp-content/uploads/2015/11/20150610-Eindrapportage-Bemestingsstrategie-Zilte-Teelten-inhoudelijk-A.deVos...pdf>.

Zoet-zoutkrant (2012) Zoet-zou symposium <http://deltaproof.stowa.nl/Upload/Deltaproof/zoet-zout/Zoet-zoukrantdef-1.pdf>.

